



# Guide à l'attention des maîtres d'ouvrage

## Maîtrise des transferts d'humidité dans les parois

# Maîtrise des transferts d'humidité dans les parois



Guide à l'attention des maîtres d'ouvrage

## Contexte et objectifs

Les contraintes climatiques et celles, plus proches, d'épuisement des ressources impliquent une rénovation de l'ensemble du patrimoine bâti afin de diminuer significativement sa consommation.

D'importants plans de rénovation vont s'engager avec des stratégies globales qui devront établir des stratégies plus détaillées par paroi. Dans tous les cas, il importe de faire attention à ce que ces travaux énergétiques ne conduisent pas à des désordres sur d'autres plans comme l'acoustique, la qualité de l'air ou les transferts d'humidité avec des risques de dégradation du bâti.

Le présent guide est consacré à cette problématique des transferts d'humidité. L'objectif est de donner au maître d'ouvrage "les bases de compréhension et de vigilance", afin qu'avec une équipe de maîtrise d'œuvre pertinente, il soit en mesure de choisir les techniques les mieux adaptées.

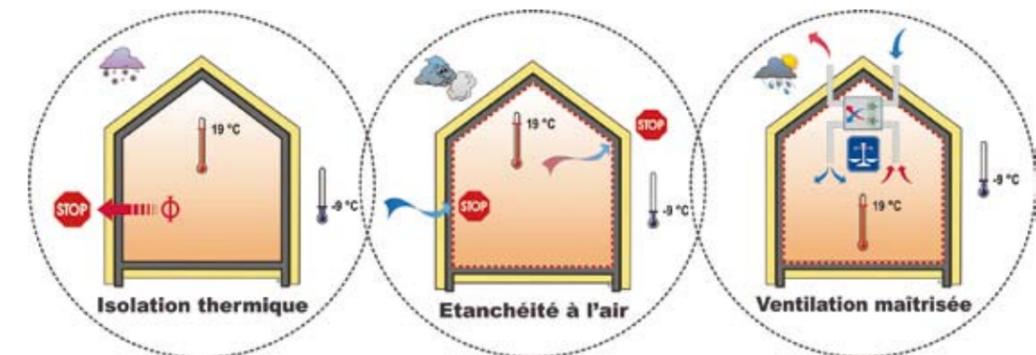
## Remerciements

Rédaction du document : L.Chanussot et JE.Mesmain, Rhônalpénergie-Environnement.  
Conseils, relecture : H.Hamadou, ADEME - S.Courgey, Arcanne - E.Bertho, Energies vertes du Bourbonnais  
Nous remercions également la société Ampack pour la mise à disposition des photographies de la page 3.

## 1. Transfert d'humidité : un enjeu de pérennité du bâti

La construction de bâtiments aux performances énergétiques élevées implique une bonne isolation thermique et des parois étanches à l'air afin de parvenir à atteindre le double objectif d'une ventilation maîtrisée :

- du point de vue sanitaire (pollution de l'air intérieur)
- du point de vue énergétique (absence d'infiltration parasite source de surconsommation)



Source REBBAC Cete de Lyon

La rénovation thermique d'un bâtiment modifie les transferts d'humidité dans les parois. En effet certaines parois anciennes nécessitent la présence et la migration d'eau pour leurs bons fonctionnements. C'est la perturbation de la migration qui peut entraîner la présence d'eau en quantité trop importante et la possible dégradation des parois.

Si la ventilation permet, en plus d'apporter un air neuf, de limiter la concentration de vapeur d'eau présente à l'intérieur du bâtiment, l'isolation thermique ainsi que le parement, accompagné ou non d'une membrane d'étanchéité à l'air, modifient la migration d'humidité à l'intérieur des parois.

**L'apparition d'eau à l'état liquide dans les parois peut entraîner des dommages concernant la pérennité du bâti - atteinte à la structure. Cette présence d'eau, si elle est persistante et en grande quantité aux abords ou dans les parois, favorise l'apparition de moisissures dégradant, à terme, la qualité de l'air intérieur.**

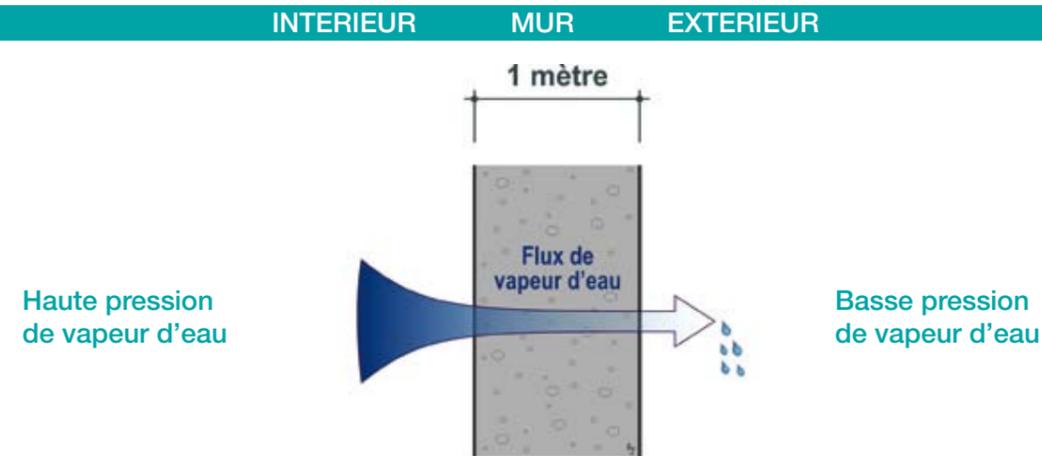


Illustrations des différents désagréments liés à une mauvaise gestion des transferts d'humidité.

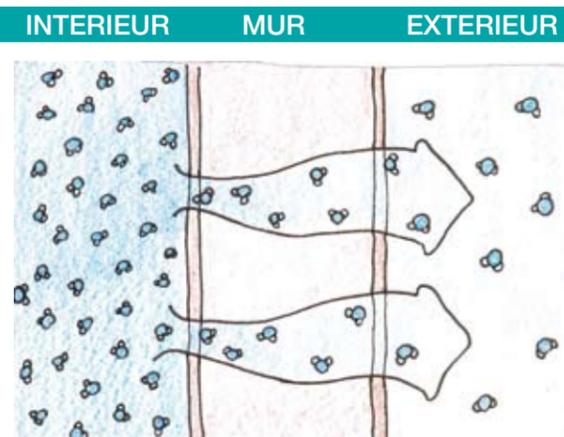


Source Ampack

Sous nos climats, la migration d'humidité se fait généralement du milieu intérieur - milieu à forte teneur en vapeur d'eau - vers le milieu extérieur - milieu à plus faible teneur en vapeur d'eau. Elle est impossible à empêcher en pratique car des parois entièrement étanches à la vapeur d'eau sont quasiment impossibles à réaliser (cf. explication partie 3.3)...



Comme on peut le voir dans le graphique ci-dessus la pression de vapeur d'eau diminue de l'intérieur vers l'extérieur.  
Source Rebbac Cete de Lyon.



Pour pallier à cette diminution de pression de vapeur d'eau il est nécessaire d'avoir des matériaux de plus en plus ouverts pour permettre une migration correcte.  
Source Samuel Courgey / Arcanne.

...Il est, dès lors, indispensable d'éviter, par une bonne conception :

- la condensation d'une quantité de vapeur d'eau trop importante dans les parois
- la condensation aux points de singularité lorsque la continuité d'une paroi est interrompue.  
C'est en général sur ces points que les parois sont les plus froides - phénomène de condensation accru - et que l'étanchéité à l'air est plus difficile à réaliser - mouvements d'air au travers de la paroi favorisés et présence de vapeur d'eau accrue.

Si ces aspects peuvent être assez facilement traités pour une construction neuve, une attention particulière devra être portée dans le cas d'une rénovation principalement dans le but de ne pas **contrarier les équilibres présents et de corriger les dysfonctionnements existants.**

## 2. Migration d'humidité, de multiples notions

Différents flux doivent être maîtrisés au sein d'une paroi :

- les mouvements d'air aux points de singularité (1),
- les mouvements de vapeur d'eau (2),
- l'eau contenue dans les matériaux (3)
- les remontées capillaires provenant du sol (4).
- l'agression extérieure des intempéries (5)

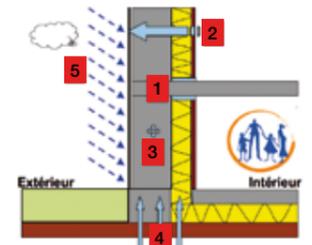


schéma : d'après Bruno Jarno Arcanne/AJENA

L'eau étant dans un bâtiment ou une paroi à l'état liquide ou gazeux, les lois concernant son déplacement sont différentes selon son état.

**Les grandes notions qui régissent le transfert d'humidité sont complexes car elles dépendent de nombreux facteurs :**

- L'eau dans tous ses états : la **vapeur d'eau** est de l'eau sous forme gazeuse. La **condensation** est son passage d'un **état gazeux à un état liquide**. Cette transformation est provoquée principalement par :
  - Une **augmentation de l'humidité** dans un même volume d'air - respiration des occupants, douches, lavage / séchage du linge, défaut de ventilation diminuant l'évacuation...
  - Une **diminution de la température de l'air** - un air froid contient moins d'eau sous forme de vapeur qu'un air chaud. L'élimination de l'excès de vapeur s'effectue par la condensation.
  - Une augmentation de la pression - appelée condensation capillaire par effet venturi - c'est le cas lorsqu'un mouvement d'air est présent entre deux parois proches - par exemple fissures ou trous dans une paroi.
- **Le comportement des matériaux vis-à-vis des propriétés suivantes :**
  - leur **porosité** : cela caractérise la proportion de cavités d'air dans un matériau. La forme et la disposition de ces cavités influencent le comportement global de ce dernier.
  - Leur **capillarité** : cela caractérise la capacité du matériau à permettre le déplacement plus ou moins rapide de l'eau en son sein.
  - Leur **comportement hygroscopique** : cela caractérise la capacité d'un matériau à stocker, déstocker de l'humidité lorsque l'humidité de l'air varie.
  - Leur **capacité à s'opposer à la migration de la vapeur d'eau**. Un matériau est caractérisé par une valeur  $S_d$ , dont l'unité est le mètre. Cette valeur est également appelée "épaisseur de lame d'air équivalente" ou "résistance à la migration de vapeur d'eau".

**C'est cet ensemble de connaissances, conditions hygrothermiques de l'utilisation des bâtiments et propriétés des matériaux, qu'il faut maîtriser pour éviter les "mauvaises surprises" liées à la condensation.**

## 3. Éléments d'une bonne conception

La quantité de vapeur d'eau qui traverse une paroi dépend :

- › "du profil" (ou gradient) des pressions de vapeur entre l'intérieur du bâtiment et l'extérieur ;
- › de la perméabilité des parois - fonction des caractéristiques et épaisseurs des matériaux ;
- › "du profil" (ou gradient) des températures rencontrées dans les parois.

**Les conditions les plus défavorables se rencontrent lorsque les températures extérieures sont les plus froides et l'air des locaux particulièrement humide.**

### 3.1. Éléments généraux

Une ventilation ajustée permet de minimiser/réguler les concentrations de vapeur d'eau présentes dans le bâtiment. Ainsi la quantité de vapeur d'eau qui cherchera à transiter par les parois sera moindre.

Mais ces quantités n'étant pas nulles, il est recommandé de disposer des matériaux de plus en plus ouverts à la migration de vapeur d'eau de l'intérieur vers l'extérieur. En Angleterre (Norme BS 5250), il est par exemple recommandé de choisir des matériaux coté extérieur 5 fois plus ouverts à la migration de la vapeur d'eau que coté intérieur ( $S_{dint} > 5 S_{dext}$ )

### 3.2. Le cas "simple" de l'isolation thermique par l'extérieur (ITE)

La pose de l'isolant sur la paroi extérieure du mur permet de réchauffer toutes les couches d'air présentes en amont de celui-ci, diminuant grandement les risques de condensation - écart important de l'humidité de l'air de la paroi avec "les conditions de température et de pression" permettant à l'eau de se condenser. Ainsi le seul risque se situe au niveau des couches externes de l'isolant, à proximité du parement extérieur. Celui-ci devra donc être prévu afin d'évacuer facilement l'eau et la vapeur d'eau. Le choix d'un enduit capillaire et perméable à la vapeur d'eau ou d'un bardage ventilé avec pare pluie très ouvert à la vapeur d'eau est recommandé.

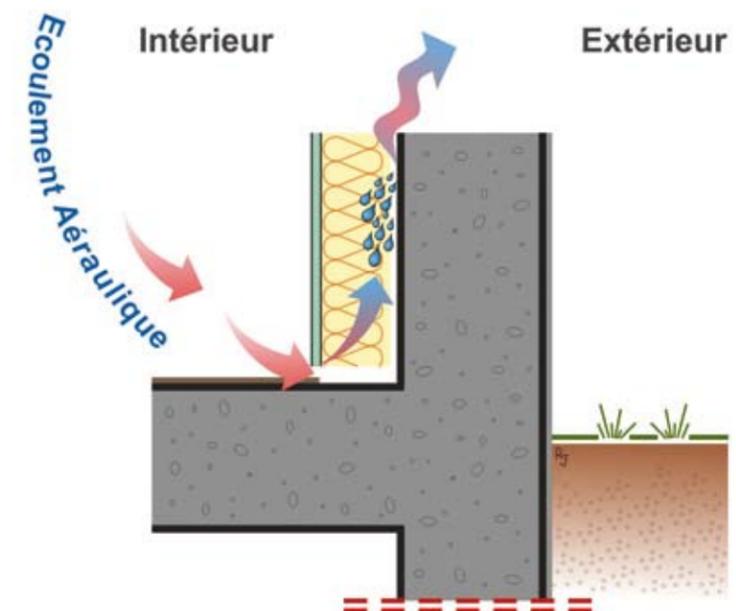
### 3.3. Le cas plus "complexe" de l'isolation thermique par l'intérieur (ITI)

Lorsque des contraintes du projet - préservation de façade notamment - ne permettent pas de choisir une isolation thermique par l'extérieur, la conception avec une isolation intérieure devra être très vigilante sur les aspects de migration d'humidité. En effet, pour cette solution, l'essentiel de l'épaisseur de la paroi est située à l'extérieur de l'isolant, soit à des températures plus froides, donc, celles qui favorisent la condensation de la vapeur d'eau.

Sans précaution particulière, de l'eau apparaît au cœur de l'isolant, à l'interface isolant-mur ainsi que dans le mur. Ceci peut provoquer des dommages importants (moisissures, eau liquide nuisant à la pérennité du mur) à plus ou moins longue échéance.

Un moyen de se prémunir de ces désagréments est la pose, coté intérieur, d'un "pare-vapeur" afin d'empêcher la vapeur d'eau de pénétrer dans le mur. Ainsi la condensation est évitée mais cette solution s'avère sensible à une erreur de conception et de mise en oeuvre. En effet, le taux d'humidité de l'air de la paroi et les conditions permettant la condensation sont très proches. Une réalisation incorrecte entraînera de la condensation.

La pose d'un tel pare vapeur augmente de plus les quantités qui transitent sur de plus faibles surfaces notamment la diffusion près des planchers désormais points faibles de l'enveloppe. Cette eau s'additionne à l'eau déjà contenue dans la paroi et aux remontées capillaires. La présence du "pare-vapeur" empêchant toutes possibilités à la paroi de sécher coté intérieur lorsque les conditions de hygrothermique y sont favorables. **Ces trois éléments montrent que cette solution déplace le problème vers les points de singularité - mur-mur, mur-plancher, percement de la paroi (prises électriques...) - et quelle est par conséquent à proscrire car une paroi parfaitement étanche à la vapeur d'eau est impossible à réaliser.**



Source Rebbac Cete de Lyon

Ainsi pour de l'ITI, une stratégie peut être de choisir :

- › une paroi intérieure modérément fermée à la diffusion de la vapeur ("frein de vapeur ")<sup>(1)</sup>
- › une continuité capillaire des éléments constitutifs de la paroi afin d'éviter la concentration et faciliter l'évacuation d'eau liquide. Cette continuité est le plus souvent établie par l'utilisation de matériaux capillaires que l'on colle ou comprime.
- › un enduit extérieur isolant afin de permettre au mur d'être moins froid et donc, entre autre, de déplacer le point de condensation sur l'extérieur.

On remarque également que nos voisins, pourtant plus friands de "sur isolation", accompagnent souvent la réalisation d'une ITI d'une étude spécifique sur les risques de condensation, ou limitent cette isolation intérieure entre 8 et 12 cm d'épaisseur.

### 3.4. Les outils de modélisation

Différents outils sont utilisés par les équipes de maîtrise d'œuvre pour simuler les transferts d'humidité dans les parois, et trouver les solutions adaptées afin d'éviter les risques pour le bâti.

Les outils principalement utilisés actuellement sont :

- › **la méthode Glaser** : C'est une méthode simplifiée qui n'intègre pas les comportements hygroscopique et capillaire des matériaux. Basée sur la norme NF EN ISO 13788, elle permet de repérer les zones à risque par la répétition d'apparitions de condensations - généralement sur un an.
- › **La simulation approfondie** : le logiciel WUFI. C'est un logiciel de simulation dynamique des transferts d'humidité et de chaleur dans les parois. Basé sur l'application de la norme NF EN 15026, il intègre l'ensemble des caractéristiques hydriques des matériaux (capillarité, hygroscopicité, diffusion à la vapeur d'eau...). Et, en plus des températures et des taux d'humidité intérieurs et extérieurs, il tient compte des paramètres climatiques tels que le vent, la pluie, l'ensoleillement. Pouvant simuler les parois sur plusieurs années, il permet d'avoir une vision poussée des éventuels risques dus à une présence persistante d'eau.

<sup>(1)</sup> : la définition exacte entre un pare vapeur et un frein vapeur n'étant pour l'instant pas définitivement arrêté quant aux limite des caractéristiques spécifique de l'un et de l'autre, on peut néanmoins affirmer que le freine vapeur est plus ouvert à la migration de vapeur d'eau que le pare vapeur.

## 4. Comment s'assurer d'une bonne migration d'humidité ? Exigences phase par phase...

Comme on vient de le voir, les transferts d'humidité nécessitent une attention particulière lors d'une rénovation thermique. A chaque phase du projet, il convient donc de s'assurer que les intervenants concernés (maîtrise d'œuvre, entreprises...) ont bien pris en compte et traité cette dimension.

### 4.1. Lors de la programmation

Le maître d'ouvrage attirera dès cette phase l'attention des équipes de maîtrise d'œuvre sur les aspects relatifs à l'humidité. Il rappellera les exigences de référence sur lesquelles les équipes devront s'appuyer, notamment les différentes normes sur le sujet.

**Le maître d'ouvrage devra se montrer d'autant plus vigilant que l'opération est :**

- › En rénovation, car les choix de conception devront s'adapter à l'existant, contrairement à de la construction neuve où la latitude est totale sur la conception pour se prémunir de tout risque du aux condensations.
- › Avec une solution d'isolation thermique par l'intérieur (ITI), car les risques dus aux condensations y sont plus élevés que pour de l'isolation thermique par l'extérieur (ITE)
- › Avec des enduits, mortiers sensibles à la présence nécessaire d'humidité afin de préserver leur cohésion - construction en terre par exemple.
- › Avec la présence de matériaux peu capillaires (qui ne permettent pas de dissiper / évacuer l'eau condensée).
- › Avec des planchers en bois par interruption de l'ITI et du pare vapeur : la condensation peut apparaître à l'insertion des poutres avec le mur à ce point froid et ou les mouvements d'air et donc les quantités d'eau qui transitent seront importante.
- › Avec des matériaux putrescibles : la dégradation pourra s'avérer rapide.

### Le maître d'ouvrage gardera à l'esprit :

- › Que certaines parois nécessitent la présence d'humidité pour leur besoin de cohésion - mur en pisé, et maçonnerie hourdées à la terre - qui entraîne le choix de conception d'une migration plus appuyée. Ces parois étant sensibles à des ambiances trop humides le juste milieu devra être trouvé.
- › Que d'autres parois nécessitent plutôt une stratégie de frein à la migration - mur béton - du fait d'un matériau de structure plutôt "étanche à l'eau" et à la vapeur d'eau.

Le maître d'ouvrage veillera à la présence de compétences techniques dans l'équipe de maîtrise d'œuvre sur cette problématique.

## 4.2. Le travail de l'équipe de maîtrise d'œuvre

Il est de la responsabilité de l'équipe de maîtrise d'œuvre d'assurer la pérennité du bâti c'est à dire que les acteurs s'approprient pleinement cette dimension et ses enjeux afin d'éviter tout désagrément ultérieur. Le travail de conception amont doit permettre d'aboutir à des documents facilitant l'appropriation et l'exécution par les entreprises (plans de détails, descriptifs précis...).

## 4.3. Veiller à une bonne conception...

C'est lors de cette phase que l'on établira la stratégie à mettre en œuvre pour prévenir tout risque dû à la condensation dans les parois. Les solutions technologiques - **choix de matériaux et mise en œuvre** - découlant de cette stratégie devront être établies et transmises par les différents éléments techniques aux acteurs du chantier.

Pour une opération neuve, la conception portera une attention particulière aux éléments singuliers du bâtiment (tour de baies, jonctions entre parois...). On veillera également à permettre le **séchage des parois** c'est-à-dire l'évacuation de l'humidité contenue dans certains matériaux (un béton met plusieurs années à perdre son humidité originelle...).

Pour une opération de rénovation, on s'appuiera sur un diagnostic approfondi du bâtiment qui permettra d'établir la nature des parois, leur état, la présence d'éventuels problèmes. **Ce diagnostic veillera à faire la part entre une source d'humidité (due par exemple à une absence de coupure de capillarité en bas de murs), la présence d'un point froid ou un défaut de ventilation.** La conception veillera à solutionner ces éventuels désagréments. Mais dans tous les cas, elle devra générer des parois pérennes, c'est à dire, qui sauront composer avec ces potentielles migrations d'humidité préexistant.

Dans tous les cas, des calculs modélisant les conditions les plus défavorables - écart de températures, surcharge d'humidité, défaut de ventilation - devront permettre d'établir que l'on évite l'apparition de dysfonctionnements dus aux condensations.

## 4.4. La sensibilisation / formation des entreprises

Une réunion avant le démarrage du chantier permettra de rappeler la chaîne des acteurs impliqués par le phénomène de migration d'humidité. Elle devra veiller à expliquer l'importance que représente l'étanchéité à l'air, l'isolation et la ventilation et les impacts sur la migration d'humidité. Pour des opérations de rénovation, la sensibilisation insistera sur les particularités liées à l'existant et les endroits qui nécessitent une vigilance accrue.

## 4.5. Veiller à une bonne mise en œuvre / La réalisation

Un "réfèrent" ou une personne plus impliquée sur le sujet, présent sur le chantier, devra vérifier à chaque étape de réalisation le respect des préconisations définies lors de la conception.

## 4.6. Vérifications / corrections intermédiaires

La détection au plus tôt d'éléments de réalisation non-conformes à la conception est souhaitable car une correction au plus tôt évite toujours des surcoûts ultérieurs plus importants sur le budget total. La problématique de l'étanchéité à l'air permet de l'autocontrôle. Pour la migration d'humidité, "aucune mesure directe n'est possible" et c'est ici l'implication et la formation de chaque acteur du chantier sur la qualité de la réalisation qui permet de remplir pleinement les objectifs initiaux.

Le maître d'ouvrage et l'équipe de maître d'œuvre devront valider conjointement le passage d'une phase du chantier à une autre. Par exemple en ITI, il sera nécessaire de valider la pose d'un élément de paroi avant d'autoriser la pose de l'élément suivant.

## 4.7. Vérifications / corrections finales

Il est souhaitable de minimiser cette étape au regard des nombreuses étapes de validation/corrections intermédiaires car la détection d'un élément de dysfonctionnement à ce stade génère souvent d'importants travaux de reprises.

## 4.8. Indications à l'attention des usagers

Le manuel à l'attention des usagers devra insister sur les différents éléments présents dans les parois ainsi que sur leurs rôles respectifs en termes de transfert d'humidité, d'étanchéité à l'air ou d'isolation. En effet seule la sensibilisation de l'utilisateur permettra la non dégradation ultérieure des travaux réalisés notamment lorsque ce dernier souhaite apporter des modifications sur les parois. **Selon les solutions techniques retenues - les éléments de fixation pour une étagère, saignée pour du passage de câble, application d'enduits telle que les peintures - peuvent avoir des conséquences plus ou moins grandes sur la migration d'humidité.**

## 5. CONCLUSION

La rénovation énergétique des bâtiments entraîne des modifications des transferts d'humidité au sein des parois. Le risque d'une condensation excessive induit un risque de dégradation du bâti. Cette problématique doit être sérieusement abordée par la maîtrise d'ouvrage et traitée par la maîtrise d'œuvre.

**Une démarche collective de l'ensemble des acteurs du chantier est nécessaire pour tenir les objectifs.**

# GUIDES ET DOCUMENTS COMPLEMENTAIRES

## Documents normatifs :

- NF EN 15026. Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments. Evaluation du transfert d'humidité par simulation numérique.
- NF EN ISO 13788. Performance hygrothermique des composants et parois de bâtiments. Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse
- NF EN 12524. Matériaux et produits pour le bâtiment. Propriétés hygrothermiques.

## Autres documents :

- Formation vidéo Samuel COURGEY :  
[http://www.ifb42.com/eco-bois-plus/54\\_5-a-7-du-14-juin-2010.html](http://www.ifb42.com/eco-bois-plus/54_5-a-7-du-14-juin-2010.html)  
Document de présentation associé : "Humidité et transferts de vapeur d'eau dans les parois"
- Diagnostic de performance énergétique, guide de recommandations mars 2009 ministère du logement
- Guide technique : Transferts d'humidité à travers les parois CSTB
- Dossier Technique - Migration de vapeur d'eau et risque de condensation dans les parois  
<http://www.ville-amenagement-durable.org/>
- Fiches AQC ([www.qualiteconstruction.com](http://www.qualiteconstruction.com)), dont "Perméance des façades à la vapeur d'eau" et "Amélioration de la performance thermique du bâti en rénovation"
- Formation ReBBaC "Savoir Rénover des bâtiments à Basse Consommation d'énergie" campagne mur-mur isolation Romuald JOBERT CETE LYON
- Comportement et compatibilité des matériaux bâti ancien Grenoble (Bruno JARNO AJENA)
- L'isolation thermique écologique - Samuel COURGEY Jean-Pierre OLIVA - éditions Terre Vivante



Réalisé par [www.comedernette.com](http://www.comedernette.com) - avril 2010 - imprimé en 1 000 exemplaires sur papier recyclé  
Crédits photos : © Csaba Molnar, zoran simin, Lisa F. Young sur iStock et Ampack

Document réalisé par :



Avec le soutien de :

RhôneAlpes Région



**Rhonalpénergie-Environnement**  
10, rue des Archers - 69002 Lyon

Tél : 04 78 37 29 14  
Fax : 04 78 37 64 91

Courriel : [raee@raee.org](mailto:raee@raee.org)

[www.raee.org](http://www.raee.org)